



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**HISTORIE VYUŽITÍ VODNÍ SÍLY V LOKALITĚ LOBODICE U
KOJETÍNA**

HISTORY OF THE USE OF WATER POWER IN LOBODICE BY KOJETÍN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Koutný 208775

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Hudec

BRNO 2021

Zadaní bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Vojtěch Koutný**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Martin Hudec**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Historie využití vodní síly v lokalitě Lobodice u Kojetína

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše historických pramenů dokládajících existenci využití vodní síly na řece Moravě v okolí Kojetína se zvláštním důrazem na Mlýnský náhon a malou vodní elektrárnu v Lobodicích. Práce bude zdrojem informací pro budoucí informační centrum elektrárny, které ocení laická veřejnost se zájmem o historické technické památky v mikroregionu Kojetín Tovačov.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je vytvořit ucelený popis historické soustavy vodních děl, z nichž se některé dochovaly do dnešní doby. Popsat parametry vodního díla v Lobodicích a provést rozvahu jeho možného dalšího využití.

Seznam doporučené literatury:

GABRIEL, P., ČIHÁK, F., KALANDRA, P.: Malé vodní elektrárny, Praha, 1998.

MELICHAR, J., VOJTEK, J., BLÁHA, J.: Malé vodní turbíny, Praha, 1998.

ABSTRAKT

Energie je hnacím motorem ekonomik států po celém světě, bez jejího využití by nebylo možné dosáhnout tak velkého pokroku vědy a životního standardu. Ovšem, aby mohla být energie využita, musí nejprve vzniknout. Tato práce bude zaměřena na výrobu energie z obnovitelného zdroje, kterým je vodní tok. Konkrétně na funkci a využití Bolelouckého náhonu a MVE Lobodice.

KLÍČOVÁ SLOVA

Lobodice, Boleloucký náhon, vírová turbína, šneková turbína

ABSTRACT

Energy is the driving force of the economies of countries around the world, without its use it would not be possible to achieve such great progress in science and living standards. However, in order for energy to be used, it must be created. This bachelor thesis will focus on the production of energy from a renewable source, which is a river. Specifically, the function and use of artificial water flow Bolelouc and MVE Lobodice.

KEYWORDS

Lobodice, artificial water flow Bolelouc, vortex turbine, screw turbine



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOUTNÝ, Vojtěch. *Historie využití vodní síly v lokalitě Lobodice u Kojetína* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132700>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Martin Hudec.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Martina Hudce a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 20. května 2021

.....

Vojtěch Koutný

PODĚKOVÁNÍ

Na začátku této bakalářské práce bych rád poděkoval za cenné rady, vedení a pomoc při tvorbě práce panu Ing. Martinu Hudcovi. Dále bych chtěl poděkovat za umožnění přístupu do elektrárny v Lobodících a nahlédnutí do historické dokumentace panu starostovi obce Bc. Petru Hlavinkovi.

OBSAH

1	Vodní energie	11
1.1	Elektrická energie	11
1.2	Zdroje elektrické energie	11
1.3	Energie přenášená vodou	12
1.3.1	Hydraulická energie vody	12
1.3.2	Historie využití energie vody	12
1.4	Vývoj vodního kola a turbíny	14
1.4.1	Francisova turbína	15
1.4.2	Kaplanova turbína	15
1.4.3	Peltonova turbína	16
2	Vodní zákon	17
3	Boleloucký náhon	18
3.1	Lokalizace	18
3.2	Historie	18
3.3	Využití náhonu	18
3.4	Hydrologické údaje	19
3.4.1	řeka Morava	19
3.4.2	Průtok Q	19
3.4.3	Spád H	19
3.5	Křižovatka vodního toku	20
4	Elektrárna Lobodice	21
4.1	lokalizace	21
4.2	Historie	22
4.2.1	Francisova turbína	22
4.2.2	Přestavba	23
4.3	Stavební část elektrárny	23
4.4	Hydrologické údaje elektrárny Lobodice	24
4.5	Kaplanova turbína Lobodice	24
4.6	Garanční zkouška kaplanovy turbíny	25
4.7	Aktuální využití MVE Lobodice	26
5	Návrh turbíny pro lokalitu Lobodice	26
5.1	Postup návrhu a potřebné podklady	26
5.1.1	Výběr vhodného druhu turbíny	26
5.1.2	Určení návrhových parametrů turbíny	27
5.1.3	Charakteristika vybrané turbíny	28
5.2	Vírová násosková turbína	29
5.2.1	Princip	29
5.2.2	Návrh	30
5.2.3	Shrnutí	31
5.2.4	Volba generátoru a převodovky	32
5.3	Archimédova turbína	34
5.3.1	Princip	34
5.3.2	Části	34

5.3.3	Shrnutí	35
6	Závěr	36
	Použité informační zdroje.....	37
	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	40
	Seznam příloh	41

ÚVOD

Energie je hnacím motorem všech ekonomik po celém světě, nebýt elektřiny a vynálezů díky ní získaných, dnešní svět by nebyl v takové podobě, jak ho známe.

V mé bakalářské práci se detailně seznámíme s principem využití vodní síly k přeměně v elektrickou energii. Popíšeme si základní teoretické znalosti, které jsou potřeba pro správné pochopení podstaty výroby energie.

Dále bude práce zaměřena na vznik a popis Bolelouckého náhonu, který se nachází v oblasti mezi městysem Dub nad Moravou a obcí Kojetín.

Následovat bude popis MVE Lobodice a návrh nového ekonomicky přínosného hydroenergetického zařízení pro obec Lobodice.

1 VODNÍ ENERGIE

Voda je jedním z nejdůležitějších předpokladů pro vznik a rozvoj života, vodní energie nám pomáhá po staletí ulehčit si mechanickou práci. Největší rozmach lidstva umožnila vodní energie díky výrobě elektřiny.

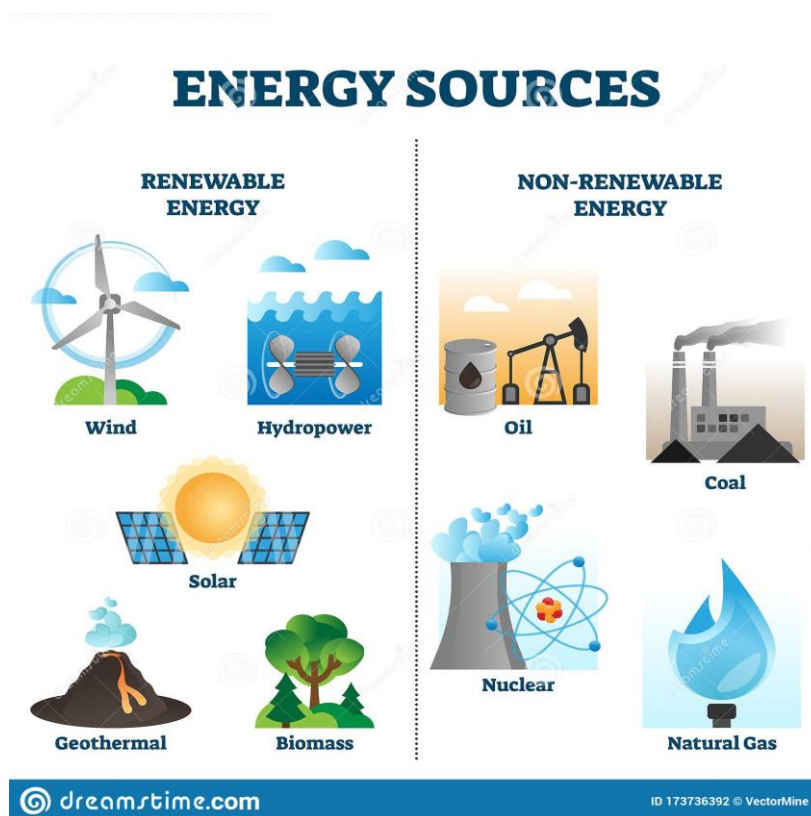
1.1 ELEKTRICKÁ ENERGIE

Elektrická energie je hnacím motorem rozvíjejících se ekonomik po celém světě, bez ohledu na jejich stav. Prvním člověkem, který se rozhodl vygenerovat, dále převést a prodat elektřinu ve velkém měřítku byl americký vynálezce Thomas Alva Edison a tímto krokem odstartoval celosvětovou elektrifikaci.

Ať už v dobách krize či rozkvětu, zuřící války, nebo v době míru, vždy je od elektrifikace většiny světa potřeba denně svítit, topit, ovládat zařízení a v neposlední řadě zachraňovat lidské životy.

1.2 ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE

Elektrickou energii je potřeba před použitím nejdříve vygenerovat. Je mnoho způsobů, jak produkovat elektřinu, například z fosilních zdrojů, jako jsou tepelné elektrárny, nebo v poslední době více využívané obnovitelné zdroje.



Obr. 1 Zdroje energie [22]

Mezi tyto zdroje patří energie vyrobená z větru, fotovoltaiky, biomasy a vodní energie. Obnovitelné zdroje mají oproti fosilním zdrojům jednu velkou výhodu a to patrnou z jejich názvu, jsou nevyčerpatelné.

Dále oproti elektrárnám spalujícím tuhá paliva mnohem méně zatěžují životní prostředí, proto jsou v dnešní době mnohem více vítané a zvýhodňované oproti fosilním zdrojům. [2] [4] [6]

1.3 ENERGIE PŘENÁŠENÁ VODOU

Vodní energii můžeme chápat jako hydraulickou energii, kterou je u vodních turbín voda, nashromážděná v rybnících, nádržích, či plynoucí v řečištích.

1.3.1 HYDRAULICKÁ ENERGIE VODY

Z fyzikálního hlediska, voda vždy proudí z místa s větší potenciální energií do míst s nižší potenciální energií. A pokud dokážeme zachytit tuto energii a využít, bude nám ku prospěchu.

Hydraulická energie má dvě složky:

- 1) Potenciální energie
 - tlaková
 - polohová
- 2) Kinetická
 - rychlostní (pohybová)

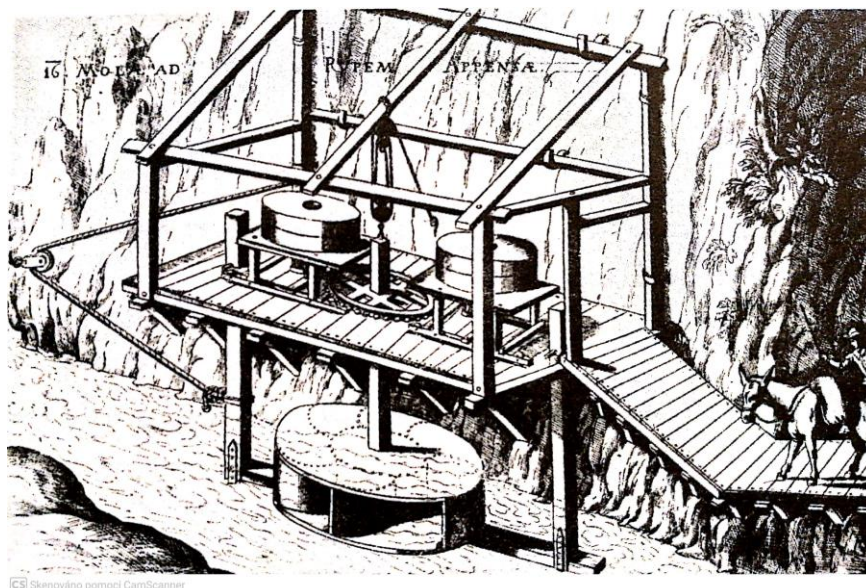
Pokud budeme naše chápání hydraulické energie vody směřovat na konkrétní mechanismus, kterým je pro nás turbína, můžeme říci, že na své cestě vodní elektrárnou mění voda svůj energetický obsah. Tato změna je zapříčiněna existencí hydraulických ztrát a transformace hydraulické energie na energii mechanickou předávanou turbíně. Podrobněji se budeme touto problematikou zabývat v dalších kapitolách. [1] [5] [6]

1.3.2 HISTORIE VYUŽITÍ ENERGIE VODY

Vodní energie patří k nejstarším energetickým zdrojům. Prvopočátek využití vody je především na přepravu, ať už loděmi přepravujícími osoby, či náklad, nebo splavování klád z místa těžby na jiné.

První využití vodní síly proběhlo okolo roku 600 př. n. l., kdy Chaldejci stavěli kanály, které přivedly vodu na vodní kolo, jehož energii dále využili na zvedání vody do dalších zavlažovacích kanálů. Následně bylo systému vodního kola využíváno po celém světě k pohonu mlýnů, hamrů a pil.

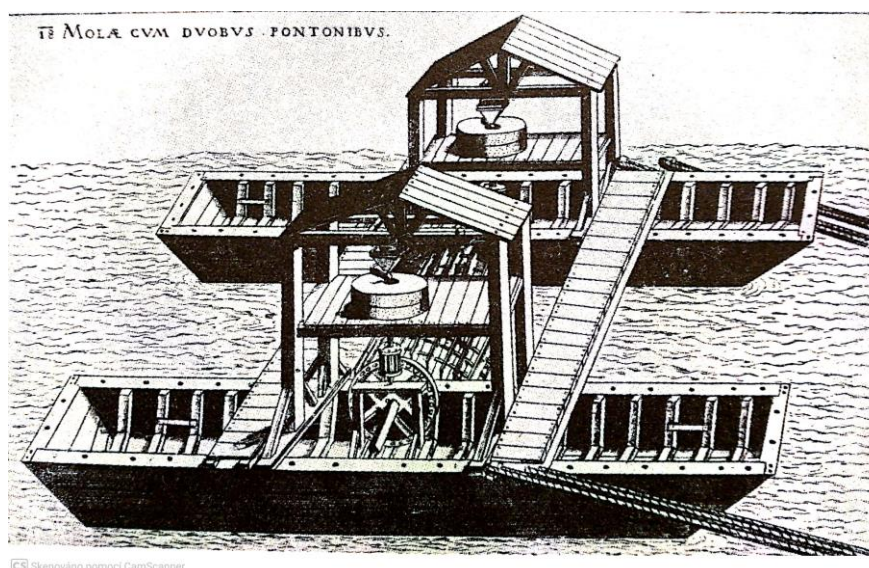
Ve 2. století př. n. l. se na Balkánském poloostrově setkáváme s konstrukcí vodního kola s vertikální hřídelí pro pohon mlýnských kamenů a mělo by v tomto případě jít o první aplikaci vodní síly na pohon mechanického zařízení. [1] [6]



Obr. 2 První vodní kolo [1]

Rozvoj uplatnění vodního kola je spojován s úpadkem moci Říma kolem roku 450 n.l. k usnadnění lidské práce a stává se z něj všeobecně využívaný energetický stroj.

Nová konstrukce přichází ve 14. století, jsou to tzv. korečkovníky, kola se svrchním nátokem, které umožňovaly zvýšení výkonu až na dvojnásobek. Bylo zde již potřeba využít většího spádu, ať už konstrukcí hráze či jezu, nebo přívodního kanálu. Postupem času se objevují i mobilní řešení, jako je například plovoucí mlýn, který díky své poloze dál od břehu řeky dokázal využít větší sílu proudu pro svou práci. [1] [5]



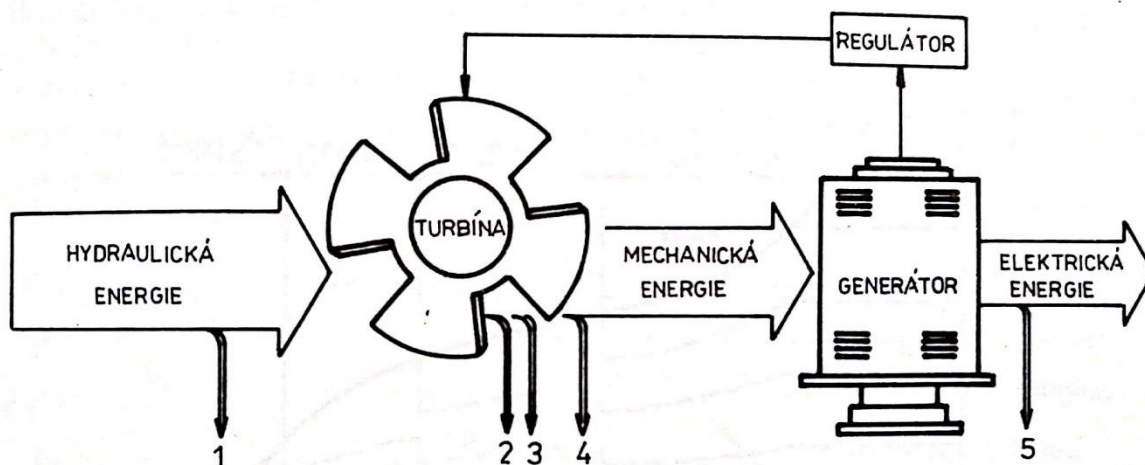
Obr. 3 Plovoucí mlýn [1]

1.4 VÝVOJ VODNÍHO KOLA A TURBÍNY

Již v 16. století jsou využívána vodní kola o průměru $D = 12\text{m}$ a výkonu až $7,5\text{kW}$. V 17. století se začínají objevovat kromě klasického řešení i kola využívající dynamického účinku vodního paprsku.

S postupným vývojem a poznáním vědy přichází na svět Segnerovo kolo, od bratislavského rodáka jménem Johann Andreas Segner (1704 - 1777), které je bráno jako vůbec první základ přetlakových turbín. Pracuje na reakčním účinku proudu vody. Pokud pokročíme ve vývoji ještě dál, dostaneme se k využití rozvaděče přivedené vody, který má za účel vytvoření obvodové složky rychlosti na vstupu do oběžného kola. Díky tomuto posunu navrhuje v roce 1826 prof. Claude Burdin vodní motor zvaný „turbines“, který využívá základního principu jako dnešní přetlakové turbíny. [6] [1] [3]

Turbína je samotné srdce hydroenergetického ústrojí, právě ona odebírá energii vody a dále ji převádí na rotační pohyb, který odebírá generátor a mění jej díky elektromagnetické indukci na elektrické střídavé napětí.



Obr.4 Schéma hydroenergetického zařízení [1]

1-hydraulické ztráty v přivaděči

2-hydraulické ztráty v turbíně

3-objemové ztráty v turbíně

4-mechanické ztráty v turbíně

5-ztráty v generátoru a transformátoru

Vodní motory, konkrétně turbíny jsou jedny z nejefektivnějších strojů, které je člověk schopen zkonstruovat. Avšak i přes jejich efektivitu pracují s drobnými ztrátami. Ať už díky proudění kapalin či mechanické účinnosti, je turbína o tento výkon ochuzena oproti ideálnímu stavu. Tyto ztráty jsou znázorněny na obrázku č. 4.

První vodní elektrárny jsou budovány v Americe a Anglii od roku 1881. Dalším vývojem přicházejí na svět vynálezy a principy umožňující zvýšení účinnosti a rozvodu el. energie. Je proto možné energii generovat v elektrárnách a hospodárně přenášet na velké vzdálenosti. Tato možnost podpořila průmyslovou revoluci a hospodářský rozmach. [1] [3]

V odvětví přetlakových turbín jsou nejvýznamnější tři jména mužů, kteří postupně spojili několik principů a poznatků spojených s rostoucím poznáním vědy a techniky a tím dali světu turbíny, které se dodnes používají.

1.4.1 FRANCISOVA TURBÍNA

Nejdéle využívaným typem vodní turbíny, je turbína Francisova (1848). James B. Francis spojil myšlenky regulace průtoku natáčením rozváděcích lopatek a použitím dostředivého průtoku turbínou. Francisova turbína je využívána pro spády od 40m do 700m a s účinností až 90%. [1] [5] [11]



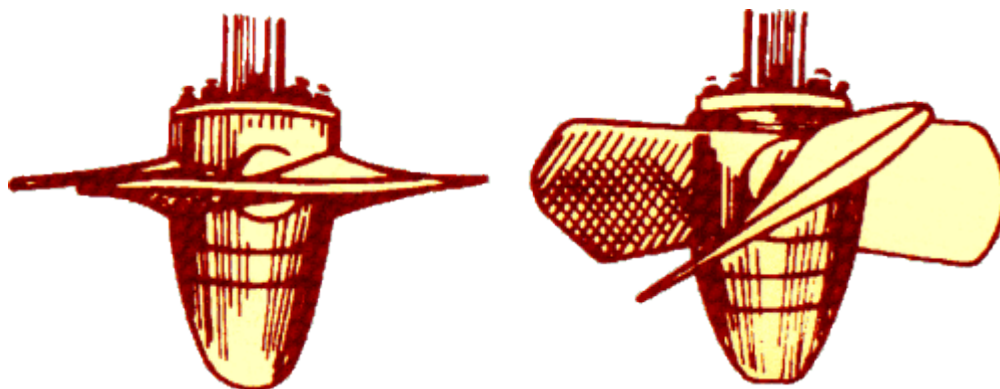
Obr. 5 Francisova turbína - oběžné kolo [11]

1.4.2 KAPLANOVA TURBÍNA

Druhé jméno, které je nutno vyzdvihnout je Ing. Dr.techn. Viktor Kaplan. Působil jako pedagog na Německé vysoké technické škole v Brně. Kde se mimo výuky snažil modifikovat Francisovy turbíny pro různé spády.

Díky spolupráci s brněnským průmyslníkem Heinrichem Storkem vznikla laboratoř, ve které mohl pracovat na vývoji své vlastní turbíny, která umožňuje natáčet lopatky jak rozváděcího kola, tak lopatky oběžného kola. Samotná práce na turbíně je datována do roku 1910-12, ale patentu se dočkala až v roce 1920, byť její výroba byla započata firmou Ignaz Storek v roce 1918.

Na rozdíl od již zmíněné Francisovy turbíny je Kaplanova turbína především využívána pro menší spády, a to díky své výborné regulaci pro široký rozsah průtoků. [11] [5] [4]



Obr. 6 Kaplanova turbína – oběžné kolo (vlevo uzavřené, vpravo otevřené) [21]

1.4.3 PELTONOVA TURBÍNA

Tento typ rovnotlaké turbíny byl navržen vynálezcem Lesterem Allanem Peltonem v roce 1880. Na turbínu je přiváděna voda tangenciálně (tečně na obvod rotoru) pomocí trysek. Lopatky Peltonovy turbíny mají „lžičkovitý“ tvar a tudíž mění směr tangenciálního dopadu paprsku na opačný. Tím voda předává svou energii lopatkám a roztáčí kolo turbíny.

Efektivita tohoto typu turbíny stoupá s vyšším tlakem přivedené vody na lopatky, tedy je vhodná pro velké spády (až 1800m), často je využívána pro elektrárny uvádějící se do provozu při nárůstu odběru el. energie. Turbína si žádá využití akumulací nádrže a výstavbu přívodního potrubí. Regulace je prováděna zasouváním jehly v trysce a při nutnosti rychlého odklonění paprsku je použit difuzor. [1] [11] [5] [4]



Obr. 7 Peltonova turbína[27]

2 VODNÍ ZÁKON

Voda je základní stavební kámen života a s pokrokem lidstva i nedílnou součástí hospodářského rozmachu. Je schopna vytvořit obrovskou škodu, ale i užitek.

Již v Římské říši byl ustanoven zákon o vodním hospodářství, jenž reguloval a kladl podmínky, na jejichž plnění bylo dohlíženo právě dle zákona. Voda měla být využívána ku prospěchu jedince, ale bez omezování jiných osob v jejím dalším užívání.

Česká knížata měla už v 10. století značný zisk z cel na řekách (především Labe, Dunaj), po kterých se plavili obchodníci, či ze splavování dřeva. Postupným nárůstem a vývojem, do dnešních dob se vodní zákon několikrát měnil, ať už pomyslný „majitel“ tekoucí vody, od ustanovení z římského zákona je tekoucí voda všech, či pravidla a různé složky zákona do podoby v jaké je dnes. Poslední velká novela vodního zákona v naší zemi nabyla účinnosti od 1.srpna 2010 a menší změny nabyly v účinnost 1.února 2020.

Zákon pojednává o povrchové a podzemní vodě, konkretizuje za jakých podmínek, kde a za jakým účelem se může odebírat část vody z řek (elektrárny, chlazení, parní stroje), uměle navyšovat a snižovat hladinu vody v řece (jez), provádět technické práce na korytě řeky (zpevňování břehů, čištění koryt, stavba derivačních kanálů, atd.).

Důležitým úkolem vodního zákona je chránit jakost vody a omezovat škody způsobené člověkem, kterými je hlavně znečištění vodního toku. Dále také předcházet nebezpečí záplav, nebo naopak sucha při nedostatku srážek a chránit vodní díla již vzniklé na řece. [19] [6]



Obr. 8 Vodní zákon [19]

3 BOLELOUCKÝ NÁHON

Náhon je člověkem uměle vytvořená vodní cesta, za účelem odklonu části vodního toku na další, ve kterých jsme schopni energii vody pomocí vodního motoru využít na práci.

V dnešní době jsou často dříve vybudované náhony pro mlýny udržovány a využity na přívod vody k MVE, které jsou častokrát na místech dřívějších mlýnů, které již nevyužívají vodní energii na drcení obilí, nýbrž na výrobu elektrické energie.

3.1 LOKALIZACE

Náhon odbočuje z Moravy u Bolelouce, před Bolelouckým jezem doprava. Obtéká městys Dub nad Moravou, protéká přes Věrovany, okolo tovačovských rybníků (Hradecký a Křenovský) přímo přes Tovačov k Annínskému jezeru. Dále přes Annín, Cvrčov až do Lobodic a následně na jih, kde se kříží s dvěma vodními toky a nakonec do Kojetína, za kterým se navrací zpět do řeky Moravy.

3.2 HISTORIE

Boleloucký náhon, neboli, jak ho místní obyvatelé nazývají lidově „struha“ je původně mlýnský náhon již ze středověku, který vznikl pravděpodobně v 15. století za vlády moravského vojevůdce a šlechtice Jana Tovačovského z Cimburka. Za účelem přívodu vody do přilehlých vesnic, byť jen trochu vzdálených od řeky Moravy na pohon mlýnů a pil, současně také jako přívod vody do rybníků. Dnešní délka náhonu je okolo 20km, na tuto vzdálenost se dostal díky prodloužení v roce 1583 až do Kojetína, dříve se navracel do Moravy hned po překročení obce Lobodice. [12] [10] [18]

3.3 VYUŽITÍ NÁHONU

Náhon byl od dávných časů užíván k pohonu mlýnů a pil, ovšem dnes mlýny pomalu nahradily především malé vodní elektrárny produkující elektrickou energii. Mlýny, které skutečně melou se zachovaly v obměněné podobě ve Věrovanech, Cvrčově a v Kojetíně.

Využití náhonu je samozřejmě podmíněné řízením se podle zákonů, definovaných ve vodním právu a to konkrétně v nakládání s pozemními vodami. [18] [12] [29]

Vodní díla aktuálně v provozu:

Tab. 1 Vodní díla na bolelouckém náhonu [7] [13]

Nenakonice	turbína
Věrovany	turbína + mlýn
Cvrčov	mlýn
Lobodice	turbína
Kojetín	turbína + mlýn

3.4 HYDROLOGICKÉ ÚDAJE

Hlavním zdrojem vody protékající náhonem je řeka Morava, menší množství vody do náhonu přivedou malé potůčky a tůně.

3.4.1 ŘEKA MORAVA

Morava pramení pod vrcholem Králického Sněžníku ve 1380 m.n.m. a ústí do Dunaje nedaleko Bratislavy, odkud voda z východních Čech doputuje až do Černého moře. Jedná se o třetí nejdelší řeku na území ČR s délkou 354 km a plochou povodí 26 658 km².

Jak již bylo zmíněno, řeka je hlavním zdrojem pro mlýnský náhon a díky bolelouckému jezu zajišťuje naplňování náhonu vodou. Tudíž velikost průtoku v řece má zásadní vliv na průtok v náhonu. [10]

3.4.2 PRŮTOK Q

V roce 2019 bylo provedeno měření ČHMÚ na náhonu v Bolelouci, za obcí Věrovany a u sádek v Tovačově. Měření bylo provedeno v měsíci září při průtoku v Moravě 7,4 m³/s (LG Morava-Olomouc), hodnota na lati u stavidla v jezové zdrži Bolelouc udávala hodnotu 16, tedy podle M-křivky má do náhonu v tuto chvíli téci přibližně $Q=4,6 \text{ m}^3/\text{s}$. [10] [9]

Tab. 2 Naměřené průtoky [10]

ČÍSLO MĚŘENÍ	OBLAST MĚŘENÍ	PRŮTOK
1	Bolelouc	4,68 m ³ /s
2	Věrovany	3,53 m ³ /s
3	Tovačově	3,03 m ³ /s

Jak je možno vidět z tabulky č. 2 hodnota průtoku není konstantní, dochází k úbytku vody díky průsakům do podloží a okolních rybníků. Průtok Moravou je během roku proměnlivý, největší je na jaře a poté na podzim v období dešťů, naopak nejméně vody teče během suchého léta. Dále po toku se do náhonu vlévají drobné potůčky a tůně, z nichž je největší říčka Blata.

Při svém vzniku byl náhon budovaný na průtok přibližně $Q_{\max}=8,7 \text{ m}^3/\text{s}$, minimální průtok náhonem je stanovený na $Q_{\min}=0,43 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bohužel dnes díky zanesení náhonu v kombinaci s menším úhrnem srážek došlo k zmenšení průtoku vody kanálem a dlouhodobě kolísá u elektrárny v Lobodicích okolo hodnoty $Q_s=3,8 \text{ m}^3/\text{s}$. [10] [9] [28]

3.4.3 SPÁD H

Spád je užitečný rozdíl hladin vody v nádrži, nebo nad zdrží a odtoku pod zdrží či elektrárnou, který má energetický potenciál. Je možné ho využít na pohon zařízení (mlýn, turbína, vodní kolo) [3] [1]

Boleloucký jez

Pro začátek je třeba upřesnit, že tento odstavec bude pojednávat o „novém“ bolelouckém jezu vybudovaném v letech 1929-32, který stojí přibližně o 100 m výše na řece než starý již zaniklý původní jez.

Jez je obecně vzato vodní dílo sloužící k vzedmutí hladiny za účelem následného odvedení toku mimo hlavní koryto řeky do náhonu. Dále pouze na navýšení vodní hladiny před jezem, nebo vytvoření potřebného spádu pro případné energetické využití. Obvyklá výška (rozdíl hladin) jezu se často pohybuje mezi 0,5 – 3 m.

Jez Bolelouc spadá do správy obce Dub nad Moravou. Je situovaný na 221,040 ř.km řeky Moravy ve výšce přibližně 201 m.n.m.

Ústí náhonu zpět do Moravy v obci Kojetín se nachází na 201,8 ř.km a 190 m.n.m. [14]

Tedy, pokud porovnáme tyto dvě nadmořské výšky dostaneme hrubý spád celého náhonu.

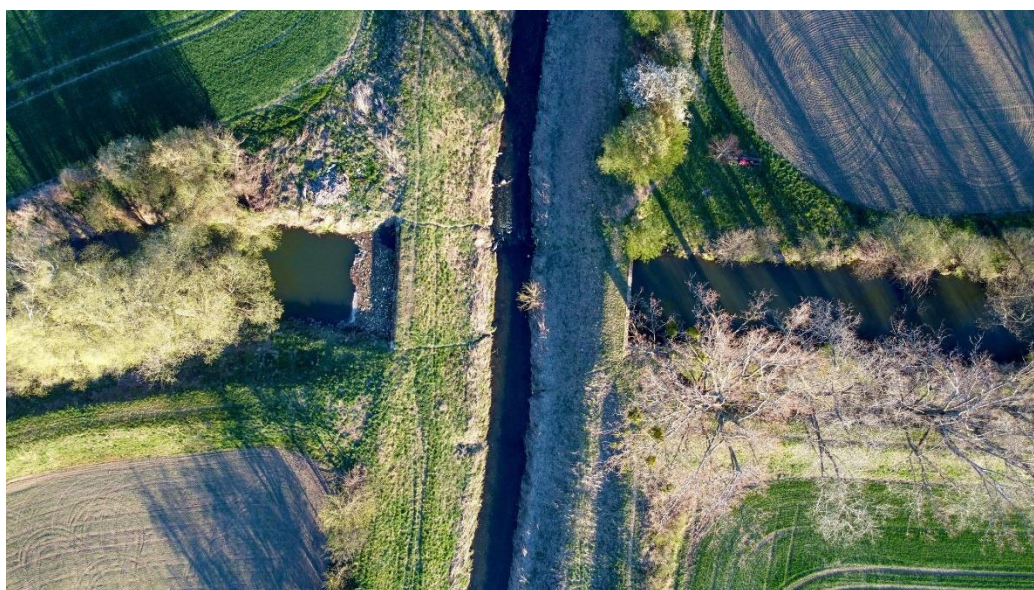
$$H_c = 11 \text{ m}$$

3.5 KŘÍŽOVATKA VODNÍHO TOKU

Sifon

Při prodloužení náhonu do Kojetína si museli stavitelé poradit s překlenutím řeky Valové, vyřešili tento problém pomocí dřevěných vantroků (později železných), kterými překlenuli řeku. Nevýhodou bylo, že mezi hladinou řeky Valové a korytem byla mezera pouze 1,3m, což při zvýšení hladiny způsobovalo velké škody při zaplavení.

Roku 1908 byla tedy zbudována nová křižovatka těchto dvou toků. Byla realizována pomocí dvou betonových tunelů, kterými protékal mlýnský náhon a nad ním volně tekla řeka. V okolí i v rámci Rakouska-Uherska bylo toto dílo unikátní a ojedinělé.



Obr. 9 Sifon [17]

Vantroky

Dále přibližně 800m po proudu je další podobná stavba zvaná „Vantroky“. Zde v betonovém korytě překonává náhon odpadní kanál z obce Uhřetice.

Obě tyto stavby mají společný výchozí parametr a to konkrétně, že víme, jaké je přibližně maximální množství vody protékané náhonem. Díky stavidlům na tomto díle, které regulují průtok v náhonu a odvádějí přebytečnou vodu zpět do řeky Moravy. Proto si stavitelé můžou dovolit náhon nechat zmizet v pevně rozměrově daném tunelu či korytě. [15] [16]

4 ELEKTRÁRNA LOBODICE

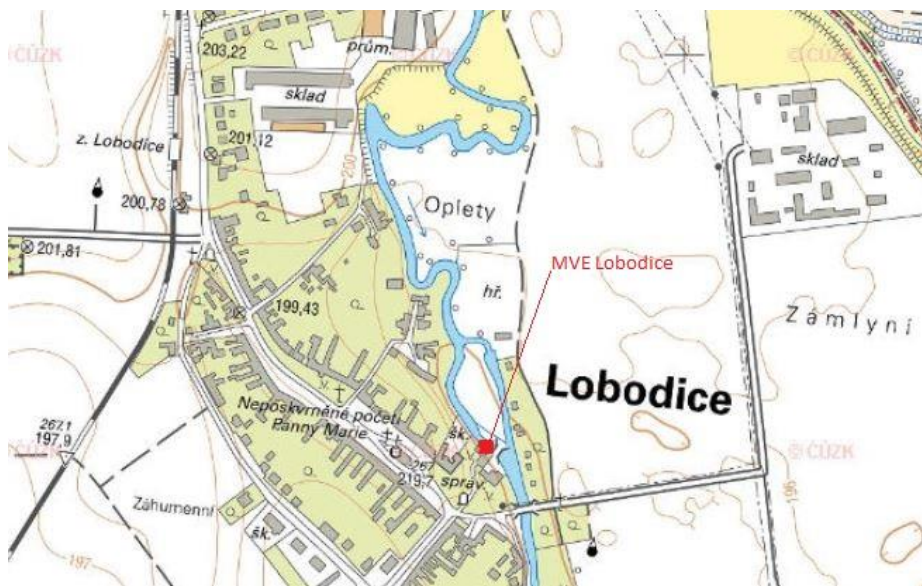
Jedná se o MVE s instalovaným výkonem do 10MW, hydroenergetické zařízení zde tvoří Kaplanova turbína instalovaná roku 1931.

Elektrárna vznikla ze starého mlýna na derivačním kanále řeky Moravy, který kopíruje její trajektorii v délce 20 km. Tento uměle vybudovaný přívodní kanál se jmenuje Boleloucký náhon a byl již detailněji popsán v předchozí kapitole. [7]

4.1 LOKALIZACE

MVE Lobodice se nachází 5.6 říčního km, na pravém břehu mlýnského náhonu v obci Lobodice.

Mlýnský náhon vybočuje z řeky Moravy v obci Dub nad Moravou, samotná elektrárna je situována v Olomouckém kraji, okrese Přerov, v mikroregionu Střední Haná.



Obr. 10 MVE Lobodice [14]

Řeka Morava je nechvalně známá po celé své délce svou ničivou silou při jarních přivalech vody či období dešťů, která místním obyvatelům působí od počátku osídlení problémy. Při záplavách zde dochází k ohromným škodám na majetku, byť jsou místní na tyto situace každoročně připraveni, i samotný kanál se potýká s kolísavým průtokem při záplavách a naopak v době vodní srážky se snižuje hladina ve studnách v přilehlém okolí kanálu.

Vodní srážka je proces při kterém není voda zadržována v jezové zdrži, tudíž dojde k poklesu hladiny a je možno provádět opravné práce na samotné zdrži, či zařízeních na toku v blízkém okolí. [18] [30]

4.2 HISTORIE

První písemná zmínka o mlýnu v Lobodicích je z roku 1600, vybudování toho mlýnu je podmíněno předešlou stavbou samotného mlýnského náhonu, který přes Lobodice protéká.

Arcibiskupský znak, který nese fasáda mlýnu je datován rokem 1704. V roce 1757 prodává arcibiskupství mlýn panu Karlu Nechvátalovi a tímto přechází do soukromého vlastnictví vrchnosti.

V roce 1827 je zrekonstruován Václavem Urbánkem, tuto rekonstrukci připomíná deska na fasádě budovy.

Požárem zničený mlýn byl roku 1906 přebudován na elektrárnu osazenou Francisovou turbínou, která generovala elektrickou energii pro město Kojetín. Pro svou malou účinnost byla v roce 1931 vyměněna za Kaplanovu turbínu od firmy Ignaz Storek. [29] [30] [31]

Po 2. Sv.v. byla elektrárna znárodněna a v roce 1990 díky privatizaci připadla obci Lobodice. Toto hydroenergetické zařízení se zde nachází do dnešních dnů a je částečně v provozu. Dnešním majitelem této technické památky je obec Lobodice, zachování turbíny v původním stavu je prioritou, byť starý generátor nahradil novodobý asynchronní motor dodávající do sítě pouze maximální hodnotu 25 kW výkonu. Neboť samotný náhon, na kterém MVE Lobodice leží již nepřivádí takové množství vody, jako dříve, díky kombinaci obecně většího sucha a částečného zanesení náhonu. [7] [13] [31]

4.2.1 FRANCISOVA TURBÍNA

Od roku 1906, byl požárem zničený mlýn přebudován na elektrárnu města Kojetín, o výrobu elektrické energie se zde starala Francisova turbína, ovšem postupem času se stala ne hospodárnou a musela být často doplňována diesellovým agregátem. Před samotnou montáží turbíny byla zřízena turbínová šachta, zasypán původní jalový žlab a vybudován nový, zřízeny česle (hrubé, jemné) a odkalovací žlab, bezpečnostní přeliv na levém břehu náhonu 30m před elektrárnou.

Podstatnou částí projektu bylo také připojení elektrárny do el. sítě v Kojetíně, pomocí robusího kabelu vedeného v zemi. [30] [31]

Tab.3 Specifikace Fran. turbíny [31]

FRANCISOVA TURBÍNA

VÝKON	P	64,1	kW
PRŮMĚR OBJEŽNÉHO KOLA	D	2400	mm
NAVRHOVANÝ SPÁD	H	1400	mm
HLTNOST	Q	7,5	m³/s

Průtok během roku kolísá mezi 7,5 m³/s – 3,75 m³/s, tedy není možné využít plný výkon turbíny, která je regulována pouze natáčením lopatek rozváděcího kola. Dosahovaný výkon Francisovy turbíny klesal až k 20,9 kW a musel být často doplňován dieselovým motorem.

Dieselový motor, který byl často využíván jako záložní zdroj elektrické energie měl výkon P=37,3 kW a dynamo o výkonu P_d=62 kW. [30] [31]

4.2.2 PŘESTAVBA

Výroba energie dieselovým motorem v kombinaci s nákupem elektrické energie z jiných zdrojů nebyla hospodárná a tak se obec Kojetín rozhodla pro inovaci.

Konečný návrh řešení tohoto problému se skládal ze dvou radikálně odlišných variant

- a) zřízení dvou Francisových turbín o rozdílném výkonu
Dvě turbíny by dokázaly pokrýt rozsah kolísajícího průtoku náhonem, ovšem za vyšší pořizovací cenu spojenou také s velkým stavebním zásahem do elektrárny.
- b) zřízení jedné Kaplanovy turbíny
Kaplanova turbína má velký regulační rozsah, díky ovládání jak naklápění lopatek rozváděcího kola, tak lopatek oběžného kola. Může tedy pracovat s rozdílným průtokem při zachování své účinnosti. [31]

Řešení:

Při vyhodnocování návrhů byla zvolena varianta b) zřízení jedné Kaplanovy turbíny, pro tuto variantu bylo nutné provést pouze drobné úpravy, například prohloubit turbínovou šachtu. Oproti zásahům nutným v případě volby varianty a). [31] [30]

4.3 STAVEBNÍ ČÁST ELEKTRÁRNY

Při vstupu proudu vody do elektrárny jsou první hrubé česle, kde se zachytávají hrubé nečistoty (větve, či jiné rozměrné předměty), následují jemné česle, stavidlo, stavidlo jalového odtoku. Před elektrárnou je pro krizovou situaci vybudován na levém břehu bezpečnostní přepad do jalového odtoku.

Ve strojovně se nachází turbína, regulátor a setrvačnick. Generátor byl dříve ve vedlejší technické místnosti, dnes je též součástí strojovny.

Zbytek budovy je v dnešní době využit pouze jako skladovací prostor. [29]

4.4 HYDROLOGICKÉ ÚDAJE ELEKTRÁRNY LOBODICE

Elektrárna je vybudována na mlýnském náhoně, který má podle údajů z dřívějších dob kapacitu $8,7 \text{ m}^3/\text{s}$, která bohužel vzhledem k dnešnímu zanesení kanálu určitě není možná a průtok se pohybuje okolo $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Minimální průtok náhonem je stanoven na $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$. Jelikož hlavním zdrojem pro celý mlýnský náhon je řeka Morava, průtočné množství vody je závislé hlavně na tomto vodním toku. Jak je detailně popsáno v kapitole 3.4. [10]

4.5 KAPLANOVA TURBÍNA LOBODICE

Přestavba na nový typ turbíny byla provedena během roku 1931, jednalo se o turbínu od firmy Ignac Storek. Tato firma přímo spolupracovala na samotném vývoji turbíny s Ing. Dr.tech. Viktorem Kaplanem a je jedna z prvních kaplanových turbín instalovaných do provozu.

Tech. specifikace:

Kaplanova turbína je stejně jako Francisova, turbínou přetlakovou a regulační, ovšem ve větším rozsahu průtoků.

Mezi samotnou turbínou a generátorem je umístěn setrvačnick z důvodu zajištění plynulého chodu.

Také se zde nachází regulátor otáček tehdejší konstrukce. Podle okamžitého množství přitékané vody udržuje stejné otáčky turbíny naklápěním lopatek rozváděcího a oběžného kola.

Dnes je původní regulace mimo provoz, o ovládání turbíny se stará hydraulická regulace.

Jak je patrné ze specifikací jednotlivých turbín, došlo také ke změně návrhového spádu a to z 1,4 m na 1,1 m. Tato změna je zapříčiněna přeceněním spádu při návrhu Francisovy turbíny.

Tab.4 Specifikace Kap. turbíny [31]

KAPLANOVA TURBÍNA			
VÝKON	P	67,1	kW
PRŮMĚR OBĚŽNÉHO KOLA	D	1800	mm
NAVRHOVANÝ SPÁD	H _L	1100	mm
HLTNOST	Q	7,5	m ³ /s
POČET LOPATEK ROZ. KOLA	Z ₁	18	-
POČET LOPATEK OB. KOLA	Z ₂	4	-

Na turbínu je v dnešní době připojen generátor o výkonu $P=40\text{KW}$. Dále je zde provedena změna regulace turbíny a to z původní mechanické na hydraulickou.

Při vtoku do turbíny je instalován elektrický odpuzovač ryb.

Pokud v náhonu klesne průtok pod minimální $Q_{\min}=0,43 \text{ m}^3/\text{s}$, je turbína odpojena. [28]



Obr.11 Kaplanova turbína - Lobodice

4.6 GARANČNÍ ZKOUŠKA KAPLANOVY TURBÍNY

Garanční zkouška Kaplanovy turbíny byla provedena dne 2.října 1931.

Při zkoušce nedošlo k podstatné změně spádu $H_L=1,1$ m, který se neodchýlil více než je dáno tolerancí 15% ani při jednom z pokusů. Výkon celého agregátu udávaného firmou Ingraz Storek byl dodržen ve všech případech, účinnost byla o mnoho lepší než garantovaná. [31]

Při zkoušce byl naměřen výkon:

$$P=87,8 \text{ kW}$$

Naměřeno při průtoku:

$$Q=7,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Garantovaný výkon firmou:

$$P_G=67,1 \text{ kW}$$

V případech kdy bylo málo vody, byla i Kaplanova turbína doplňována diesellovým motorem. [31]

4.7 AKTUÁLNÍ VYUŽITÍ MVE LOBODICE

Elektrárna v Lobodicích osazena Kaplanovou turbínou je v dnešní době v provozu spíše příležitostně vzhledem ke špatnému technickému stavu a razantně změněné hydrologii náhonu. Rekonstrukce turbíny není zcela dostačující pro kontinuální, nebo částečný ekonomicky výhodný provoz, Kaplanova turbína byla navržena pro spád $H=1,1$ m, který v lokalitě Lobodice je stále aktuální. Druhou hodnotou definující hydrologii je průtok, který razantně poklesl z hodnoty $Q_{1932}=7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ na hodnotu $Q_{2021}=3,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Z ekonomického pohledu je kompletní čištění náhonu a rekonstrukce původní Kaplanovy turbíny, za současného hydrologického stavu mimořádně nevhodná. Muselo by dojít k nákladnému a zdoluhavému vyčištění náhonu, ze kterého by měla užít všechna hydroenergetická díla na tomto toku. V tomto případě by se dal předpokládat nárůst průtoku oproti současnému stavu, ale není zaručen takový nárůst, aby dosáhl hodnoty, která zde byla v dřívějších dobách vzhledem k rozdílné hydrologii řek.

Vzhledem ke stáří turbíny a také faktu, že se jedná o jednu z prvních kaplanových turbín instalovaných na našem území, si myslím že z pohledu technické památky je toto zařízení velkým lákadlem pro turisty. Pokud má obec Lobodice zájem prosperovat z prodeje elektrické energie, nebo se stát v regionu obcí s nižší uhlíkovou stopou, bylo by vhodné pořídit alternativní výrobní zdroj.

5 NÁVRH TURBÍNY PRO LOKALITU LOBODICE

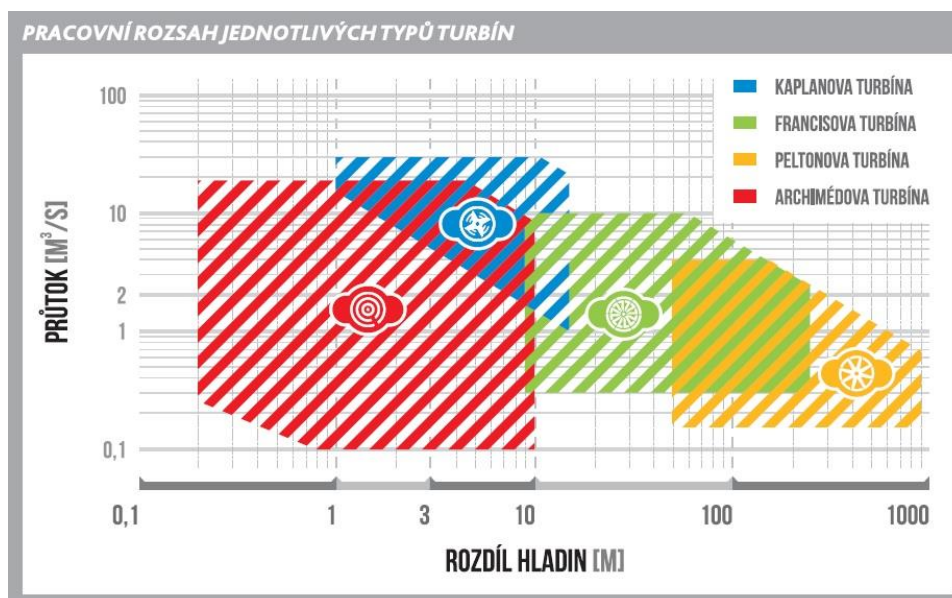
Návrh turbíny je velice náročný proces, při kterém dochází k prolínání mnoha profesí ať už se jedná z počátku o měření průtoku a spádu v dané lokalitě, koncepčního návrhu zařízení, nebo návrhu a konstrukce mechanických částí, pevnostních výpočtů či správné elektroinstalace a zkušebního provozu.

5.1 POSTUP NÁVRHU A POTŘEBNÉ PODKLADY

Nejdůležitější informace pro návrh vodní elektrárny, popřípadě konkrétní turbíny je znalost hydrologických poměrů v lokalitě. Do celkového řešení ale zasahuje mnoho dalších faktorů např.: možnosti stavební části elektrárny, ekologie (rybí přechody), vzdouvací zařízení (pokud je potřeba) a další.

5.1.1 VÝBĚR VHODNÉHO DRUHU TURBÍNY

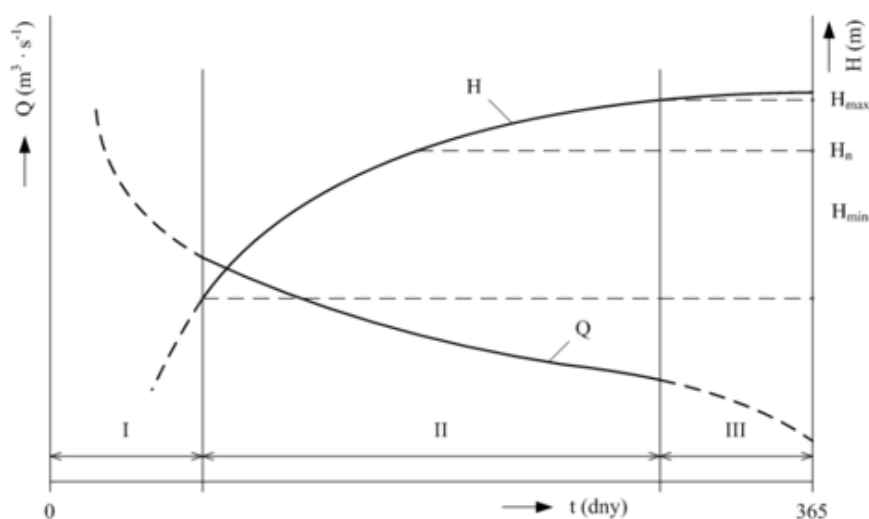
Vodní tok prochází mnoha fázemi a postupně mění svá specifika, například ve vyšších nadmořských výškách můžeme pracovat s většími spády, ovšem při malých průtocích, jsou tedy vhodné např. Peltonovy turbíny. Naopak v nižších polohách pracujeme s malým spádem, ale vyšším průtokem tedy vhodné lokality pro Kaplanovu turbínu, vírovou a nově využívanou Archimedovu turbínu. Proto je nutné provedení dlouhodobého měření průtokových poměrů a také kolísání hladin v průběhu roku. Podle vyhodnocených dat je prvotním úkolem výběr vhodného typu turbíny pro danou lokalitu, v úvahu přichází také rozdíl mezi „suchým“ a „mokřým“ rokem, aby turbína mohla pracovat co nejefektivněji v celém roce.

Obr.12 Q/H Charakteristiky vybraných turbín [24]

5.1.2 URČENÍ NÁVRHOVÝCH PARAMETRŮ TURBÍNY

Při vyhodnocování hydrologických dat také konstruuje křivku překročení průtoku pro danou lokalitu vztaženou na jeden rok (ve smyslu rozložení průtoku do 365 dní). Z tohoto grafu poznáme, jaké množství vody turbína může zpracovat při trvání dostatečného spádu za daný počet dní v roce. Tedy jak je patrné z ilustrativního obrázku č.13, nejefektivnější řešení je navrhovat turbínu do oblasti III, kde je zaručen daný průtok a zároveň dostatečně neproměnný spád. Průtok návrhový pro MVE Lobodice je $Q_n=3,4 \text{ m}^3/\text{s}$, při spádu $H_L=1,1 \text{ m}$.

Také zohledňujeme počet a druh vybrané turbíny, zda je/není regulovatelná a v neposlední řadě ekonomičnost jednotlivých koncepčních návrhů.



Obr.13: Křivky trvání spádu a průtoku [32]

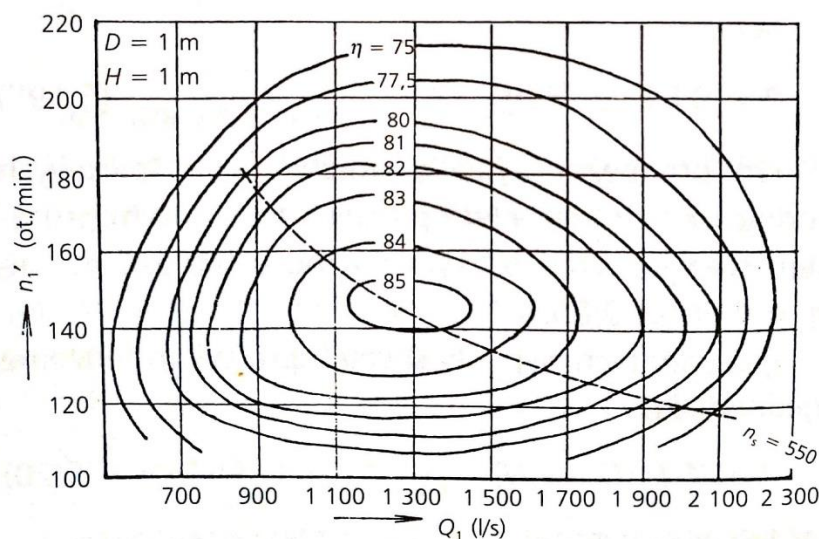
Dalším důležitým aspektem je také takzvaná vyrovnanost odtoku q_o . Vypočítává se poměrem minimálního a maximálního průtoku v roce. Dodává nám další pohled na proměnlivost hydrologie řeky během roku.

$$q_o = Q_{\min}/Q_{\max}$$

5.1.3 CHARAKTERISTIKA VYBRANÉ TURBÍNY

V dalším kroku návrhu po výběru specifické turbíny a určení návrhových parametrů zvolených z možností lokality pracujeme s charakteristikou konkrétní turbíny, která je definovaná díky podobnosti pro hodnoty spádu $H=1\text{ m}$ a průměru oběžného kola $D=1\text{ m}$. Kde se snažíme zvolit optimální bod účinnosti stroje, který nám nadefinuje jednotkové otáčky n_{11} a jednotkový průtok Q_{11} turbíny totožného typu pro výpočet skutečných hodnot.

Na ilustrativním obrázku můžeme vidět, že Kaplanova turbína dosahuje nejlepší účinnosti přibližně při průtoku $Q_{11}=1,3\text{ m}^3/\text{s}$ a otáčkách $n_{11}=150\text{ ot./min.}$ ($H=1\text{ m}, D=1\text{ m}$)



Obr.14: Charakteristika kaplanovy turbíny [3]

MVE Lobodice neposkytuje velký spád $H_L=1,1\text{ m}$ a průtok během roku mírně kolísá okolo hodnoty $Q_N=3,4\text{ m}^3/\text{s}$, pro tyto parametry budeme volit návrh vírové násoskové turbíny a šnekové turbíny, oba stroje jsou schopné pracovat s menším spádem, ale hranice 1 m je pro oba systémy limitní.

5.2 VÍROVÁ NÁSOSKOVÁ TURBÍNA

Tato turbína se řadí mezi rychloběžné axiální stroje a vznikla za účelem snížení nákladů na investice do MVE a účinného využití malých spádů a velkých průtoků, tedy dolních částí říčních toků.

5.2.1 PRINCIP

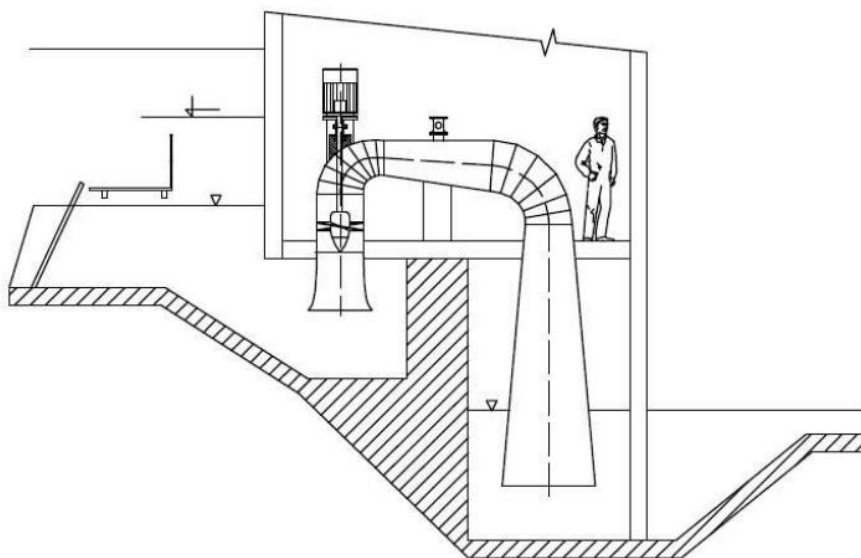
Turbína pracuje na přesně opačném principu než např.: turbína Kaplanova. Voda do oběžného kola vstupuje bez rotační složky rychlosti, předává svou kinetickou energii lopatkám a na výstupu z oběžného kola do savky již má rotační složku. Tedy jak je patrné z definice, turbína nemá rozvaděč. Není regulovatelná, je navržena pro daný průtok a spád, který ovlivňuje její účinnost, ta se za optimálních podmínek pohybuje až kolem 85 %.

Nejdůležitějšími prvky tohoto typu turbíny jsou: **savka**, která vede vodní sloupec od oběžného kola do vývěristě a díky hydraulickému propojení hladin zajišťuje proudění vody, speciálně tvarované **lopatky** oběžného kola maximálně využívající kin. energii proudící tekutiny a **zavzdušňovací ventil**, který je nezbytnou součástí při uvádění turbíny do provozního stavu a taktéž k odstavení turbíny. [1] [3]

Při spouštění se turbína chová jako čerpadlo, dojde k nasátí vody a poté k vytvoření vodního sloupce v savce. V momentu, kdy dojde k hydraulickému propojení obou hladin přechází turbína z čerpadlového do turbínového režimu a začíná vyrábět energii.

Při odstavení turbíny, pouze otevřeme zavzdušňovací ventil, kterým si savka začne přisávat vzduch a dojde k přerušení vodního sloupce, následně k zastavení celé turbíny. Ventily jsou elektromagnetické, tedy pokud dojde k výpadku elektřiny a hrozilo by roztočení turbíny do průběžných otáček, dojde k odstavení turbíny.

Vírová turbína je konstruována ve dvou variantách, přímoproudém a násoskovém, pro MVE Lobodice je vhodnější uspořádání násoskové.



Obr.15: Násoskové uspořádání vírové turbíny [32]

5.2.2 NÁVRH

Předpoklady a postupy ze kterých se vychází do toho návrhu vírové násoskové turbíny byly již uvedeny v předchozích kapitolách.

Návrhový průtok Q_N :

$$Q_N = 3,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Návrhový spád H :

$$H_L = 1,1 \text{ m}$$

Jednotkový průtok Q_{11} :

$$Q_{11} = 2,848 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jednotkové otáčky n_{11} :

$$n_{11} = 154,9 \text{ min}^{-1}$$

Průměr oběžného kola D :

$$D = \sqrt{\frac{Q_N}{Q_{11} * \sqrt{H}}}$$

kde:	Q_{11}	jednotkový průtok turbínou	m^3/s
	Q_N	návrhový průtok turbínou	m
	H	spád (čistý)	m

$$D = 1,067 \text{ m}$$

Otáčky oběžného kola n :

$$n = \frac{D * n_{11}}{\sqrt{H}}$$

kde:	n_{11}	jednotkové otáčky oběžného kola	min^{-1}
	D	výpočtový průměr oběžného kola	m
	H	spád (čistý)	m

$$n = 157,6 \text{ min}^{-1}$$

Výkon turbíny P_T (na hřídeli):

$$P_T = Q_N * H * g * \rho * \eta_T$$

kde:	H	spád		m
	Q_N	návrhový průtok		m ³ /s
	η_T	účinnost turbíny	75,06	%
	ρ	hustota vody	999	kg/m ³
	g	tíhové zrychlení	9,81	m/s ²

 $P_T=27,52$ kW**Celkový výkon P_c :**

$$P_c = P_T * \eta_G * \eta_{přev.}$$

kde:	P_T	výkon turbíny		kW
	η_G	účinnost generátoru	91,4	%
	$\eta_{přev.}$	účinnost převodovky	96	%

 $P_c=24,15$ kW**Vyrobená energie E:**

$$E = P_c * t$$

kde:	P_c	celkový výkon		kW
	t	čas, po který bude elektrárna v provozu (210dní)		h

 $E=121,716$ MWh

5.2.3 SHRnutí

Výkupní cena el. Energie vyrobené z MVE je dána Energetickým regulačním úřadem. MVE Lobodice spadá do kategorie elektráren ve stávajících lokalitách uvedených do provozu před 21.12.2004, tedy cena za odkup 1 MWh vyrobené energie v roce 2021 činí:

Výkup
2 284 Kč/MWh

Zelený bonus
1442 Kč/MWh

Celkem
3726 Kč/MWh

Zisk Z:

$$Z = E * k$$

kde: E roční vyrobená energie MWh
 k celková cena za 1 MWh 3726 Kč/MWh

Z=453 513 Kč

Teoretický roční zisk MVE Lobodice, za stávajících hydrologických podmínek a využití zařízení násoskové vírové turbíny by činil **453 513 Kč**.

Pokud bychom při instalaci nové turbíny splnili také další náležitosti týkající se rekonstrukce elektrárny, bylo by možné MVE Lobodice posunout v ceníku do kategorie výkupu od rekonstruované MVE, kde by poté výkupní cena byla celkem 5012 Kč/MWh. [25]

5.2.4 VOLBA GENERÁTORU A PŘEVODOVKY

Jelikož otáčky turbíny nejsou dostatečné pro přímé připojení na asynchronní motor o běžném počtu pólových dvojic (2,4,6,8), proto jsme nuceni otáčky turbíny zredukovat pomocí převodovky, abychom mohli použít běžně dostupný generátor.

Jako vhodná volba se jeví použití as. motoru se 4 pólovými dvojicemi a dvoustupňové čelní převodovky pro její vysokou účinnost.

GENERÁTOR

Tab.5: As. motor_data[26]

výrobce	VYBO Eletrics a.s.	
typ	1LC200L-4	
výkon	PG	30 kW
otáčky	nG	1470 ot/min
účinnost	η_G	91,4 %
váha	m	228 kg

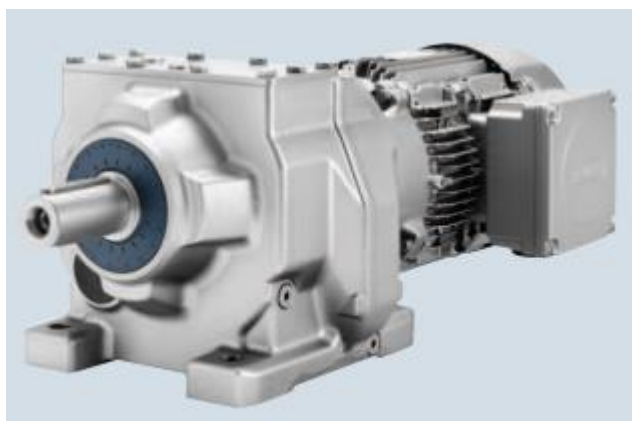


Obr.16: 4-pólový as. motor[26]

PŘEVODOVKA

Tab.6: čelní převodovka_data[26]

výrobce	SIEMENS	
typ	Z129	čelní
přenášený výkon	P	30 kW
převodový poměr	i	9,33
účinnost	$\eta_{\text{Přev}}$	96 %



Obr.17: Čelní převodovka[26]

5.3 ARCHIMÉDOVA TURBÍNA

Šneková turbína, neboli Archimédova turbína je axiální stroj, který je možno využít k výrobě energie tam, kde je možnost zpracovávat pouze malý spád. Další výhodou tohoto typu turbíny je nenáchylnost zařízení na čistotu zpracovávané vody, dovede také pracovat s proměnlivým průtokem a spádem, tedy do 30% hltnosti je téměř konstantní účinnost. [24] [23]

5.3.1 PRINCIP

Jedná se o opačně fungující Archimédovu spirálu, tohoto principu je použito v mnoha dopravnících a mísících zařízeních. Voda volně vtéká do žlabu, kde se dostává do styku se šnekovnicí, turbína je zpravidla 3-5 chodá. Voda klesá v jednotlivých buňkách šnekovnice tvořených vždy dvěma chody šnekovnice, žlabem a centrální trubkou, pouze díky gravitaci a při tomto pohybu roztáčí turbínu. Voda na konci vytéká do volné hladiny, spodní hladina nesmí být příliš vysoká (snižuje účinnost turbíny), ani příliš nízká (produkuje hluk). [24] [23]

5.3.2 ČÁSTI

Nejsložitějším prvkem této turbíny je rotor. Jedná se o **centrální trubku**, na kterou je po částech navařena **šnekovnice**. Musí být vhodně dimenzován, aby nedocházelo k průhybům, a tedy velkému namáhání a vyvážen. Dále se zde nachází **žlab**, ten může být realizován v betonovém provedení (poté je pouze osazen šnekovou turbínou), při tomto řešení je nutností počítat s vyšším odporem proudící vody, nebo v kompaktním provedení šnekovnice + ocelový žlab. Výhodou tohoto řešení je přesnější montáž na dílně a poté ustavení do připraveného místa. Nevýhodou je vyšší nákladnost řešení. Turbína je nejčastěji uložena při sklonu $\beta=22^\circ-35^\circ$. [23]



Obr.18: Soustava 3 šnekových turbín [23]

5.3.3 SHRUTÍ

Archimédova turbína se navrhuje stejným způsobem, jako předešlá násosková turbína. Při jejím návrhu se vychází z charakteristik šnekových čerpadel, resp. jedná se o reverzní šnekové čerpadlo.

Tato turbína je regulační, pomocí vstupního stavidla, které je schopno turbínu i zcela ostavit. Navrhuje se neoptimálnější řešení pro daný průtok a spád.

V porovnání s vírovou turbínou je provoz šnekové turbíny v dlouhodobějším měřítku výhodnější, protože účinnost tohoto typu turbíny je konstatní pro velký rozsah průtoku.

6 ZÁVĚR

Zadáním bakalářské práce bylo vytvořit ucelený popis využití vodní síly, a to konkrétně na v minulosti vybudovaném Bolelouckém náhonu. Detailně popsat parametry a funkci vodního díla v Lobodících, zhodnotit jeho současný stav a provést rozvalu jeho možného dalšího využití.

V první části práce jsme se seznámili se základními prvky a principy potřebnými pro správné pochopení podstaty výroby el. energie, a to konkrétně díky přetvoření a nasměrování vodního toku. Přiblížili jsme si jednotlivé typy turbín a jejich využití, abychom v následujících kapitolách mohli volit správné kroky při návrhu turbíny.

Hlavní příčinou snížení množství odebrané energie z vody na Bolelouckém náhonu je především jeho aktuální kapacita a množství protékané vody. Bohužel pokud nebudou provedeny patřičné kroky, jeho kapacita nemůže být navýšena zpět na dřívější hodnoty. Nutností je zde provést rozsáhlé čištění koryta kanálu, které by samotné nepřineslo 100% jistotu navýšení průtoku, také by bylo nutné vzhledem k nižším hladinám řek zvednout hranu jezu v Bolelouci na řece Moravě.

Stav přívodního kanálu na MVE Lobodice je takový, že již nedokáže přivádět potřebné množství vody pro Kaplanovu turbínu, na které byla navržena. Také sama turbína je ve špatném technickém stavu, který neumožňuje její nepřetržitý provoz.

Pokud přihlédneme k aktuálnímu stavu přívodního kanálu na MVE Lobodice a vysokým nákladům na jeho rekonstrukci, dále také na náklady spojené s restaurací Kaplanovy turbíny, aby mohla opět efektivně pracovat, jeví se jako neekonomičtější řešení osazení MVE Lobodice jiným typem turbíny, který bude schopen pracovat s danou aktuální hydrologií náhonu.

Jako nejvhodnější řešení navrhuji nechat Kaplanovu turbínu na místě, kde byla namontována již v roce 1931 a využívat jejího příspěvku jakožto technické památky a zařazení mezi první turbíny tohoto typu.

Následně navrhuji využití jiného typu hydroenergetického zařízení, a to **násoskové vírové turbíny**, popřípadě přichází v úvahu i **Archimédova turbína** na místě vhodně zvoleném v bezprostředním styku s budovou elektrárny, například v prostoru za hrubými česlemi namísto jalového stavidla, které budou schopné efektivně dodávat el. energii do sítě a tím být obci Lobodice ku prospěchu.

Vodní energie je jedna z nejčistěji získaných, spolu s rostoucí populací, vývojem techniky a rozvojem automatizace jsme stále nuceni produkovat více el. energie.

Proto bychom se měli co nejvíce snažit produkovat tuto **čistou** energii, abychom přispěli naší společnosti, ale i naší planetě.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] BEDNÁŘ, Josef. *Turbíny: (malé vodní elektrárny)*. Českovice: Marcela Bednářová, c2013. ISBN 978-80-905437-0-6.
- [2] BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. *Alternativní energie pro váš dům*. 2., aktualiz. vyd. Brno: EkoWATT, 2004. Edice 21. století. ISBN 80-86517-89-6.
- [3] DUŠIČKA, Peter. *Malé vodní elektrárny*. 1. Bratislava: Jaga, 2003. ISBN 80-889-0545-1.
- [4] HOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4.
- [5] MELICHAR, Jan, Jaroslav BLÁHA a Jan VOJTEK. *Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz*. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 80-010-1808-0.
- [6] PAŽOUT, František. *Malé vodní elektrárny*. 2., přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00192-7.
- [7] *Vodní Mlýny* [online]. Praha 1: Rudolf Šimek, 2012 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/>
- [8] *Cech provozovatelů MALÝCH VODNÍCH ELEKTRÁREN* [online]. Fügnerovo nám.1807/2 Praha 2 – Nové Město 120 00, 2013 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <http://www.cechmve.cz/>
- [9] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha: Na Šabatce 2050/17 143 06 Praha 4-Komořany [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/?tab=1>
- [10] *Povodí Moravy* [online]. Praha: Media Age Digital, 2010 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/>
- [11] *Hydroservis Union* [online]. Šimanov 92, 2012 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://h-union.cz/>
- [12] Zpravodaj Českého hydrometeorologického ústavu, pobočky Ostrava. *ČHMÚ* [online]. 2016(11), 25 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/zpravodaj/2016/zpravodaj-1611.pdf?fbclid=IwAR0943jVOuNyr8hmCLiY2a3DBUDW1V8hRbmhZ8zQsWh_OvbeiU3SrgDqm1YHOLATA, Miroslav, GABRIEL, Pavel, ed. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4.
- [13] *Malé vodní elektrárny. Calla: Sdružení pro záchranu prostředí* [online]. Fráni Šrámka 35, 370 01 České Budějovice, 2000 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=1827>

- [14] Geoportál ČÚZK. *Státní správa zeměměřictví a katastru* [online]. Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8, 2010 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(oiy4pmy1zb5vwhpasar3la25\)\)/Default.aspx?head_tab=sekce-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes](https://geoportal.cuzk.cz/(S(oiy4pmy1zb5vwhpasar3la25))/Default.aspx?head_tab=sekce-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes)
- [15] Uhříčický „sifon“ protahuje vodu z mlýnského náhonu pod řekou více než sto let. *Český rozhlas* [online]. Vinohradská 12 120 99 Praha 2, 2015 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://regiony.rozhlas.cz/uhricicky-sifon-protahuje-vodu-z-mlynskeho-nahonu-pod-rekou-vice-nez-sto-let-7437377>
- [16] Křižovatka řek - Sifon v Uhřetěbích. *Městské kulturní středisko Kojetín* [online]. náměstí Republiky 1033, 752 01 Kojetín, 2014 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://mekskojetin.cz/povesti-naseho-kraje/18/krizovatka-rek-sifon-v-uhretebich>
- [17] MALAN, Tomáš. Sifon Uhřetěb. *Mapy.cz* [online]. 1998 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=17.3043531&y=49.3776136&z=17&source=base&id=1891140&gallery=1>
- [18] Boleloucký náhon. *Wikipedie* [online]. 2001 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: [https://czwiki.cz/Lexikon/MI%C3%BDnsk%C3%BD_n%C3%A1hon_\(Bolelouc\)](https://czwiki.cz/Lexikon/MI%C3%BDnsk%C3%BD_n%C3%A1hon_(Bolelouc))
- [19] Vodní díla a jejich právní režim. *EPRÁVO.CZ* [online]. Dušní 907/10, Staré Město, 110 00 Praha 1, 2017 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/top/clanky/vodni-dila-a-jejich-pravni-rezim-106108.html>
- [20] *Asociace hydroenergetiků ČR* [online]. Nádražní 151, 285 09 Kácov, 2005 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.ahecr.cz/>
- [21] CESTA K TURBÍNÁM. *Skupina ČEZ* [online]. Duhová 2/1444 140 53 Praha 4 Česká republika [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/04/cesta_1.html
- [22] Energy sources. *Dreamstime* [online]. 2000 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.dreamstime.com/illustration/non-renewable-energy.html>
- [23] Princip šnekové turbíny. *Gess.cz* [online]. Loučská 503/31 751 31 Lipník nad Bečvou, 2019 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <http://www.gess.cz/products/snekove-turbiny>
- [24] Archimédův šroub. *OEnergetice* [online]. Nálepky 620/7, Nové Dvory, 674 01 Třebíč, 2015 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/archimeduvsroub-od-cerpadla-k-turbine>
- [25] Výše výkupních cen a zelených bonusů. *Tzbinfo* [online]. 2001 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/91-vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>
- [26] *VYBO Electric* [online]. Tovačovská 1017/4 750 02 Přerov Česká republika [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.elektro-motor.cz/>



- [27] *Peltonova turbína* [online]. Zdeňka Žejdlíková [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <http://zejdlikova.skola-chrast.net/fyzika-9/elektrarny/vodni-elektrarna>
- [28] *Specifikace výrobních zdrojů (ČEZ)*. Praha 4, Duhová 1/425, PSČ 14053, 2012.
- [29] *Manipulační řád MVE Lobodice*. Kozlovská 47, 750 02 Přerov, 2012.
- [30] *Opis z jednání č. 22006/H, okresní Hejtmanství v Přerově*. Kozlovská 47, 750 02 Přerov, 1906.
- [31] *Protokol o přestavbě*. Kojetín, 1931.
- [32] *POPIS NESTACIONÁRNÍCH PROVOZNÍCH STAVŮ NÁSOSKOVÉ VÍROVÉ TURBINY*. Brno, 2017. Bakalářská práce. VUT.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

E	[MWh]	vyrobená energie
H	[m]	spád
H_c	[m]	hrubý spád náhonu
H_L	[m]	spád Lobodice
i	[-]	převodový poměr
k	[Kč/MWh]	výkupní cena za 1MWh
m	[kg]	hmotnost
n	[min ⁻¹]	otáčky oběžného kola
n₁₁	[min ⁻¹]	jednotkové otáčky oběžného kola
n_G	[min ⁻¹]	otáčky generátoru
P	[W]	výkon
P_c	[W]	výkon celkový
P_D	[W]	výkon dieselového agregátu
P_G	[W]	výkon generátoru
Q	[m ³ /s]	průtok
q₀	[-]	vyrovnanost odtoku
Q₁₁	[m ³ /s]	jednotkový průtok
Q₁₉₃₂	[m ³ /s]	průtok v roce 1932
Q₂₀₂₁	[m ³ /s]	průtok v roce 2021
Q_{max}	[m ³ /s]	maximální průtok v roce
Q_{min}	[m ³ /s]	minimální průtok v roce
Q_n	[m ³ /s]	návrhový průtok
Q_s	[m ³ /s]	střední průtok
t	[s]	čas
Z	[Kč]	roční zisk
Z₁	[ks]	počet lopatek rozváděcího kola
Z₂	[ks]	počet lopatek oběžného kola
β	[°]	sklon šneku (vůči vodní hladině)
η_G	[%]	účinnost generátoru
η_{přev}	[%]	účinnost převodovky
η_T	[%]	účinnost turbíny

MVE malá vodní elektrárna



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – výkupní ceny vyrobené energie v MVE pro rok 2021

Příloha B – graf účinnosti vírové turbíny pro lokalitu Lobodice

Příloha A – výkupní ceny vyrobené energie v MVE pro rok 2021

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		provozování		provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]	
						VT	NT
	a	b	c	j	k	n	o
100	Malá vodní elektrárna ve stávajících lokalitách	-	31.12.2004	2 284	1 442	1 658	1 322
101		1.1.2005	31.12.2013	2 927	2 085	2 398	1 912
102		1.1.2014	31.12.2014	2 870	2 028	-	-
103		1.1.2015	31.12.2015	2 814	1 972	-	-
104		1.1.2016	31.12.2016	2 759	1 917	-	-
105		1.1.2017	31.12.2017	2 396	1 554	-	-
106		1.1.2018	31.12.2018	2 349	1 507	-	-
107		1.1.2019	31.12.2019	2 303	1 461	-	-
108		1.1.2020	31.12.2020	2 258	1 416	-	-
109		1.1.2021	31.12.2021	2 214	1 372	-	-
110	Rekonstruovaná malá vodní elektrárna	-	31.12.2013	2 927	2 085	2 398	1 912
111		1.1.2014	31.12.2014	2 870	2 028	-	-
112		1.1.2015	31.12.2015	2 814	1 972	-	-
113		1.1.2016	31.12.2016	2 759	1 917	-	-
114		1.1.2017	31.12.2017	2 396	1 554	-	-
115		1.1.2018	31.12.2018	2 349	1 507	-	-
116		1.1.2019	31.12.2019	2 303	1 461	-	-
117		1.1.2020	31.12.2020	2 258	1 416	-	-
118		1.1.2021	31.12.2021	2 214	1 372	-	-
120	Malá vodní elektrárna v nových lokalitách	1.1.2006	31.12.2007	3 253	2 411	2 772	2 211
121		1.1.2008	31.12.2009	3 443	2 600	-	-
122		1.1.2010	31.12.2010	3 741	2 899	-	-
123		1.1.2011	31.12.2011	3 658	2 816	-	-
124		1.1.2012	31.12.2012	3 812	2 970	-	-
125		1.1.2013	31.12.2013	3 785	2 943	-	-
126		1.1.2014	31.12.2014	3 711	2 869	-	-
127		1.1.2015	31.12.2015	3 638	2 796	-	-
128		1.1.2016	31.12.2016	3 388	2 546	-	-
129		1.1.2017	31.12.2017	2 967	2 125	-	-
130		1.1.2018	31.12.2018	2 909	2 067	-	-
131		1.1.2019	31.12.2019	2 852	2 010	-	-
132		1.1.2020	31.12.2020	2 796	1 954	-	-
133		1.1.2021	31.12.2021	2 741	1 899	-	-

Příloha B – graf účinnosti vírové turbíny pro lokalitu Lobodice

